أركان الاحتراق
(مثلث الاحتراق)

الوقود:
المادة القابلة للاشتعال.

الحرارة:
مصدر الحرارة الكافي للوصول بالمادة إلى درجة الاشتعال.

الأكسجين (O2):
العامل المؤكسد الداعم للاشتعال.

يتطلب حدوث عملية الاحتراق توافر
ثلاثة أركان رئيسية
تُعرف بمثلث الاحتراق:

قاعدة أساسية:
إزالة أو قطع أي ضلع من أضلاع مثلث الاحتراق يؤدي **فوراً** إلى توقف عملية الاحتراق وإطفاء الحريق.

إعداد مستر سعيد الشيخ
01098395003

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التعريفات والمصطلحات الأساسية (1)

1

الاحتراق:

تفاعل كيميائي سريع بين مادة ما وغاز الأكسجين، يتصاحبه انطلاق حرارة وأحياناً ضوء.

2

الأكسجين:

غاز عديم اللون والرائحة، يدعم عمليتي الاحتراق والتنفس.

3

درجة الاشتعال ونقطة الاشتعال:

أقل درجة حرارة لأي مادة تتطلق عندها أبخرة كافية تشتعل في وجود اللهب.

4

الاشتعال:

حدوث الاحتراق وانتشار اللهب.

5

الاشتعال الذاتي:

احتراق المادة تلقائياً دون الحاجة إلى مصدر إشعال خارجي بسبب ارتفاع درجة حرارتها.

6

درجة الاشتعال:

درجة الحرارة التي تشتعل عندها مادة ما وتستمر في الاحتراق بعد إزالة مصدر الحرارة.

7

نقطة الوميض:

أقل درجة حرارة تنطلق عندها أبخرة المادة فتشتعل لحظة قربها من مصدر إشعال ثم تنطفئ.

8

درجة الاشتعال الذاتي:

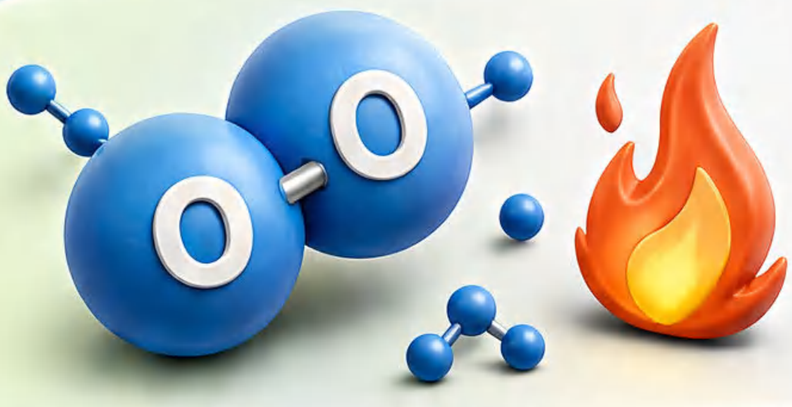
أقل درجة حرارة تشتعل عندها المادة ذاتياً دون الحاجة إلى لهب خارجي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التعريفات والمصطلحات الأساسية (2)

1 الأكسدة:

تفاعل المادة مع الأكسجين، وغالباً ما يصاحبه انطلاق حرارة.



2 العامل المؤكسد:

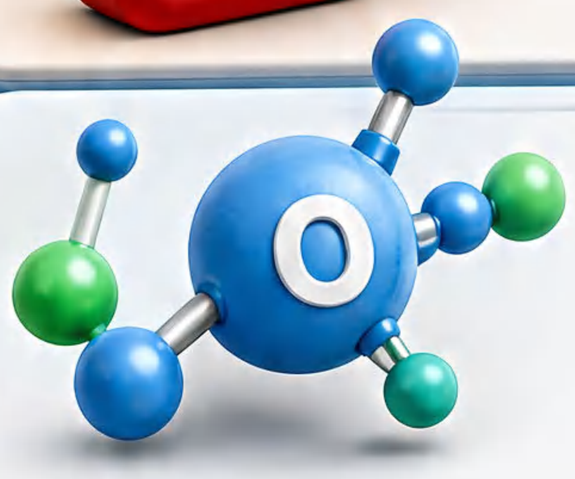
مادة تسبب أو تُسرّع من تفاعل الأكسدة.

3 مادة قابلة للاشتعال:

مادة تتطلق منها أبخرة تتحد مع الأكسجين وتشتعل.

4 حمض الأكسجين (المركب المؤكسد):

مركب كيميائي يحوي الأكسجين ويعمل على تزويد المواد الأخرى بالأكسجين.



5 السناج:

جسيمات كربون صلبة سوداء دقيقة تنتج من الاحتراق غير التام.

6 المحول الحفزي:

جهاز يُركَّب في عادم السيارات والمصانع يحتوي على مواد تزيد من سرعة التفاعل دون أن تستهلك.

7 الاحتباس الحراري:

ارتفاع درجة حرارة الكوكب بسبب احتجاز غازات معينة للحرارة داخل الغلاف الجوي ومنع خروجها إلى الفضاء.

8 تآكل طبقة الأوزون:

حدوث تقص في سمك طبقة الأوزون في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى زيادة وصول الأشعة فوق البنفسجية الضارة إلى الأرض.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الفارق العلمى بين
درجة الاشتعال
ونقطة الاشتعال (الوميض)

درجة الاشتعال

هي درجة الحرارة التي تشتعل عندها أبخرة المادة وتستمر في الاحتراق تلقائيًا حتى بعد إزالة مصدر الحرارة الخارجي.

تستمر في الاحتراق

VS

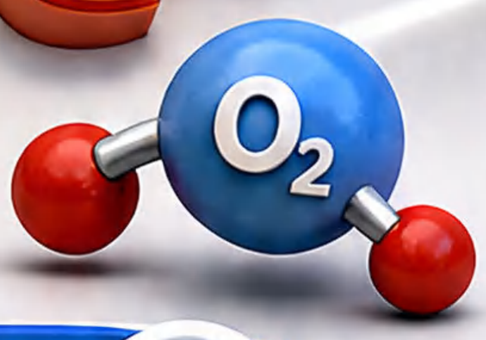
تشتعل لحظياً وتنطفئ فوراً

نقطة الاشتعال (الوميض)

هي أقل درجة حرارة تنطلق عندها أبخرة المادة فتشتعل لحظياً بمجرد تقريب مصدر الإشعال ثم تنطفئ فوراً ولا تستمر في الاشتعال.

تفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين

(احتراق الفلزات)



1 الملاحظة:

يشتعل شريط المغنيسيوم بلهب أبيض لامع شديد السطوع والضياء، ويتكون مسحوق أبيض صلب.

2 الاستنتاج:

يتفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين مكوناً أكسيد المغنيسيوم (MgO) وهو أكسيد فلزي.

3

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

4 احتياطات السلامة الخاصة بكتلة المغنيسيوم:

- تجنب النظر المباشر إلى ضوء احتراق المغنيسيوم لأنه شديد السطوع وقد يضر بالعين.
- استخدام ملقط حراري للإمساك بشريط المغنيسيوم.
- ارتداء النظارة الواقية أثناء إجراء التفاعل.

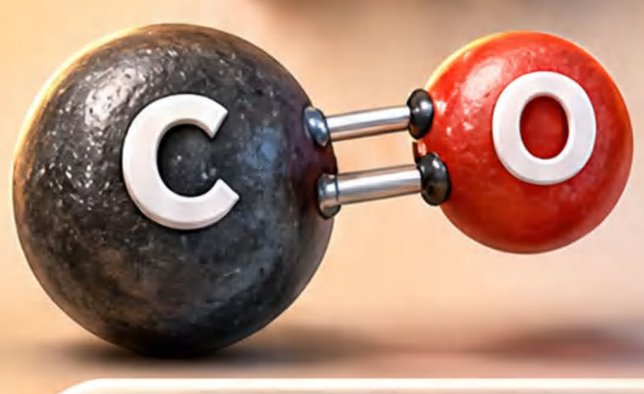
5 خاصية أكسيد الفلز:

معظم أكاسيد الفلزات تذوب في الماء مكونة محاليل قاعدية تحول لون ورقة عباد الشمس الحمراء إلى اللون الأزرق.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تفاعل الفحم (الكربون) مع الأكسجين

(احتراق اللافلزات)



1

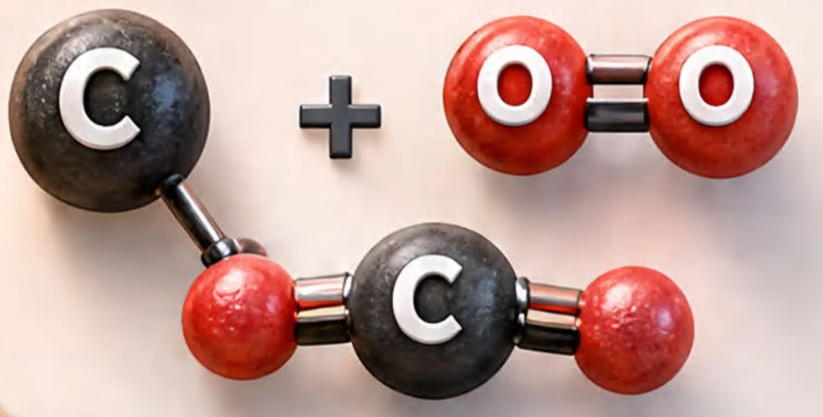
الملاحظة:

يزداد توهج الفحم ويشتعل بلهب أكثر سطوعاً، وتصاعد غاز يؤدي عند مروره إلى تعكير ماء الجير الرائق.

2

الاستنتاج:

يتفاعل الكربون مع الأكسجين مكوناً غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وهو أكسيد لافلزي.



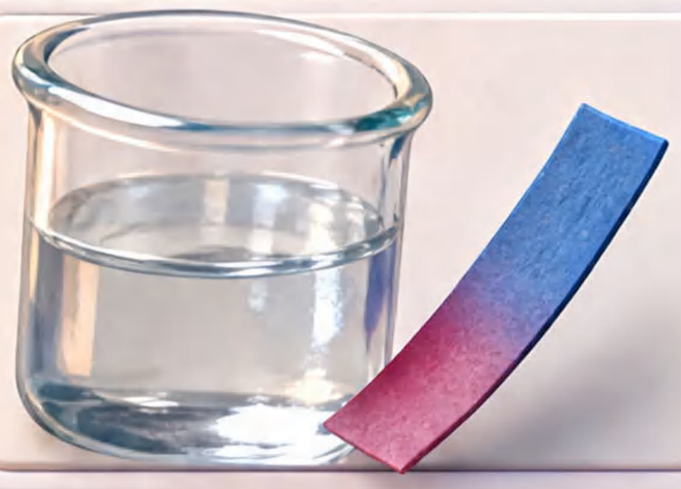
3

$$C + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2$$

4

خاصية أكسيد اللافلز:

تعطي أكاسيد اللافلزات محاليل حمضية عند ذوبانها في الماء، وتحول لون ورقة عباد الشمس الزرقاء إلى اللون الأحمر.



إثبات أن الماء أحد نواتج الاحتراق:

5

الملاحظة:

تكثف قطرات من الماء على الجدار الداخلي البارد لأنبوب الاختبار.

6

الاستنتاج:

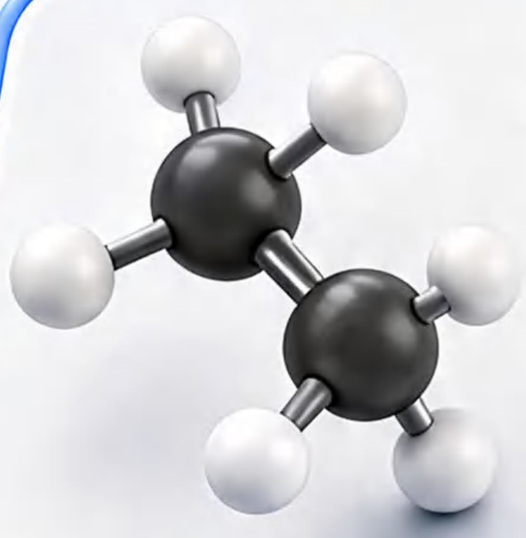
يتكون الماء كناتج أساسي عند احتراق المركبات التي تحتوي في تركيبها على عنصر الهيدروجين.

7

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

احتراق المركبات الهيدروكربونية



الهيدروكربونات هي مركبات عضوية تتكون أساساً من عنصري الكربون والهيدروجين. وينقسم احتراقها إلى نوعين بحسب كمية الأكسجين المتاحة:

الاحتراق التام للهيدروكربونات

1 **التعريف:** احتراق كامل للهيدروكربونات يحدث في وجود وفرة وكفاية من غاز الأكسجين.

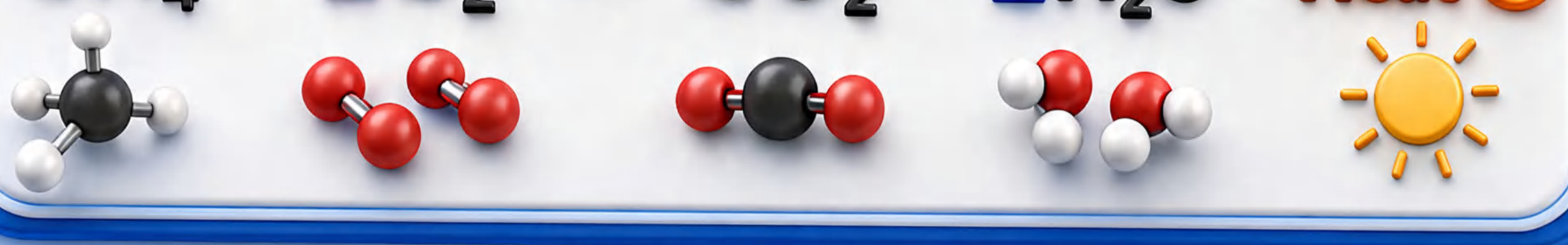
2 **الشروط:** كمية كافية من الأكسجين، احتراق كامل، وينبعث منه لهب أزرق.

3 **النواتج:** غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) + بخار الماء (H_2O) + كمية كبيرة من الطاقة الحرارية.

4 **المميزات:** يعطي أعلى كفاءة حرارية، يسبب أقل نسبة تلوث، ولا ينتج عنه أي سناج.

المعادلة الكيميائية (مثال الميثان):

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + Heat$$



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الاحتراق غير التام للهيدروكربونات

1 التعريف:

احتراق غير كامل للهيدروكربونات يحدث نتيجة نقص كمية الأكسجين المتاحة للتفاعل.

2 الشروط:

كمية أكسجين غير كافية، وينبعث منه لهب أصفر.

3 النواتج:

غاز أول أكسيد الكربون (CO) السام الخانق، أو كربون حر (سناج C)، بالإضافة إلى بخار الماء (H_2O) وانطلاق طاقة حرارية أقل.

4 العيوب:

يولد حرارة أقل مقارنة بالاحتراق التام، ينبعث منه غاز أول أكسيد الكربون الضار بالصحة، ويكون السناج الأسود الملوث للبيئة والأواني.

المعادلات الكيميائية:

عند تكون غاز أول أكسيد الكربون:

$$2CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO + 4H_2O + Heat$$

عند تكون الكربون (السناج):

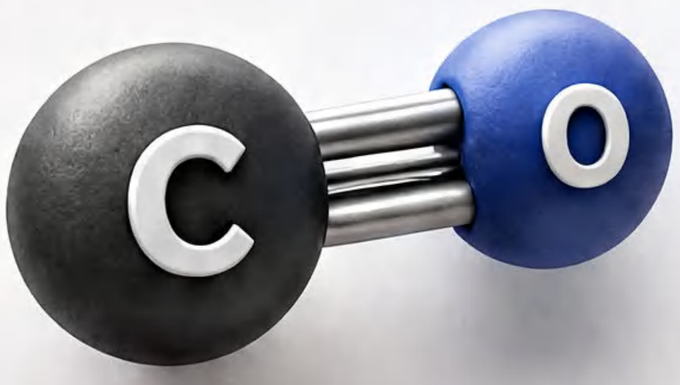
$$CH_4 + O_2 \rightarrow C + 2H_2O + Heat$$

خواص وآثار نواتج الاحتراق والغازات (1)

1 غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)

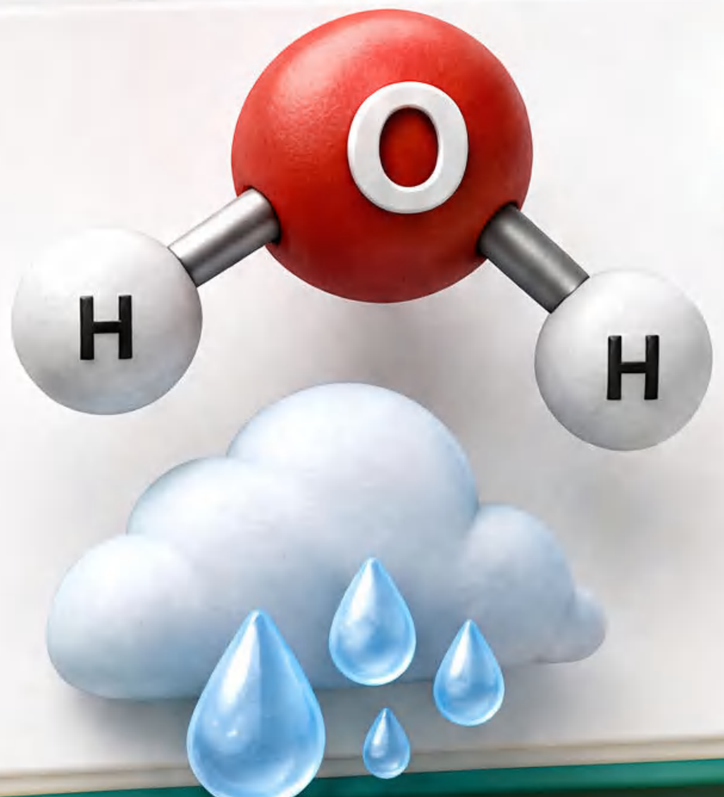
- ينتج من الاحتراق التام للمواد المحتوية على الكربون.
- غاز عديم اللون والرائحة، وأثقل وزناً من الهواء.
- لا يشتعل ولا يساعد على الاشتعال.
- يُعكر ماء الجير الرائق (هيدروكسيد الكالسيوم).
- يذوب في الماء مكوناً حمض الكربونيك (H_2CO_3).

2 غاز أول أكسيد الكربون (CO)



- ينتج من الاحتراق غير التام نتيجة نقص غاز الأكسجين.
- غاز شديد السمية والخطورة، عديم اللون والرائحة.
- يسبب الاختناق للحيوان والإنسان لأنه يرتبط برابطة قوية مع الهيموجلوبين في الدم ويمنع نقل الأكسجين إلى خلايا الجسم.

3 بخار الماء (H_2O)



- ينتج من احتراق المركبات الحاوية على الهيدروجين.
- يتكثف بالتبريد ليتحول إلى قطرات ماء سائلة.

4 الكربون (السناج - C)

- دبابيس وجسيمات كربونية سوداء دقيقة تترسب على الأسطح والأواني.
- ينتج عن الاحتراق غير التام ويُعد دليلًا واضحاً على نقص الأكسجين وظهور اللهب الأصفر.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

خواص وآثار نواتج الاحتراق والغازات (2)

غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)

- ينبعث عند احتراق أنواع الوقود التي تحتوي على شوائب الكبريت.
- غاز عديم اللون ذو رائحة نفاذة وخانقة.
- يذوب في ماء المطر مكوناً حمض الكبريتوز (H_2SO_3) المسبب لظاهرة الأمطار الحمضية.

أكاسيد النيتروجين (NO_x مثل NO, NO_2)

- تتكون عند درجات الحرارة العالية جداً داخل محركات السيارات والمصانع.
- يمتاز غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) بلونه البني المحمر.
- تساهم بشكل مباشر في تلوث الهواء الجوي وتكوين الأمطار الحمضية والضباب الدخاني.

حرق المخلفات الزراعية
(ظاهرة السحابة السوداء)

A

المشكلة:

التخلص من قش الأرز والمخلفات عن طريق حرقها في أكوام ضخمة يمنع وصول الأكسجين إلى الأغماق، مما يسبب احتراقاً غير تام.

B

الانبعاثات:

غاز أول أكسيد الكربون (CO)، ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، سناج (C)، ودخان كثيف.

C

النتيجة البيئية والصحية:

تشكل السحابة السوداء التي تؤدي إلى ضعف الرؤية، صعوبة التنفس، تهيج الحلق والعينين، والإصابة بمرض الحساسية وأمراض الجهاز التنفسي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

احتراق الوقود في المحركات والمحول الحفزي

الفوائد:

توليد الطاقة الكافية لتشغيل وسائل النقل والمعدات الميكانيكية.

الأضرار:

إطلاق غازات ملوثة للبيئة مثل (CO, CO_2, وسناج, NOx).

إجراءات تقليل التلوث:

1. إجراء الصيانة الدورية لمحركات السيارات.
2. التحول لاستخدام الغاز الطبيعي كوقود بديل.
3. الاعتماد على السيارات الكهربائية وتفعيل وسائل النقل الجماعي.
4. تركيب المحول الحفزي (علبة البيئة) في عوادم السيارات للإسراع من تحويل الغازات الضارة إلى غازات آمنة:

$CO \ggg CO_2$

$NO_x \ggg N_2$

HC (الهيدروكربونات غير المحترقة) $\ggg CO_2 + H_2O$

الاحتراق في القطاع الصناعي وتقنية
غسل الغازات الحمضية

الأهمية

يُعد الاحتراق مصدراً رئيسياً للطاقة الحرارية في صناعات الأسمنت، الزجاج، السيراميك، صهر المعادن، وتوليد الكهرباء.

التطبيق التكنولوجي
(أجهزة غسل الغازات الحمضية)

1

تُثبت على مداخن المصانع الكبرى.

2

$Ca(OH)_2$
$NaOH$

تعمل على إمرار الغازات الناتجة من الأسفل إلى الأعلى، بينما يُرش محلول قلوي (مثل هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ أو هيدروكسيد الصوديوم $(NaOH)$ من الأعلى.

3

يحدث تفاعل تعادل كيميائي بين الغازات الحمضية والمحلول القلوي، فتتكون أملاح تترسب وتُسحب من الأسفل للتخلص منها بأمان.

4

تُخرج من أعلى البرج غازات منظفة وأقل ضرراً، مما يقلل من انبعاثات SO_2 والأمطار الحمضية والضباب الدخاني.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التأثيرات البيئية الكبرى: الأوزون والاحتباس الحراري

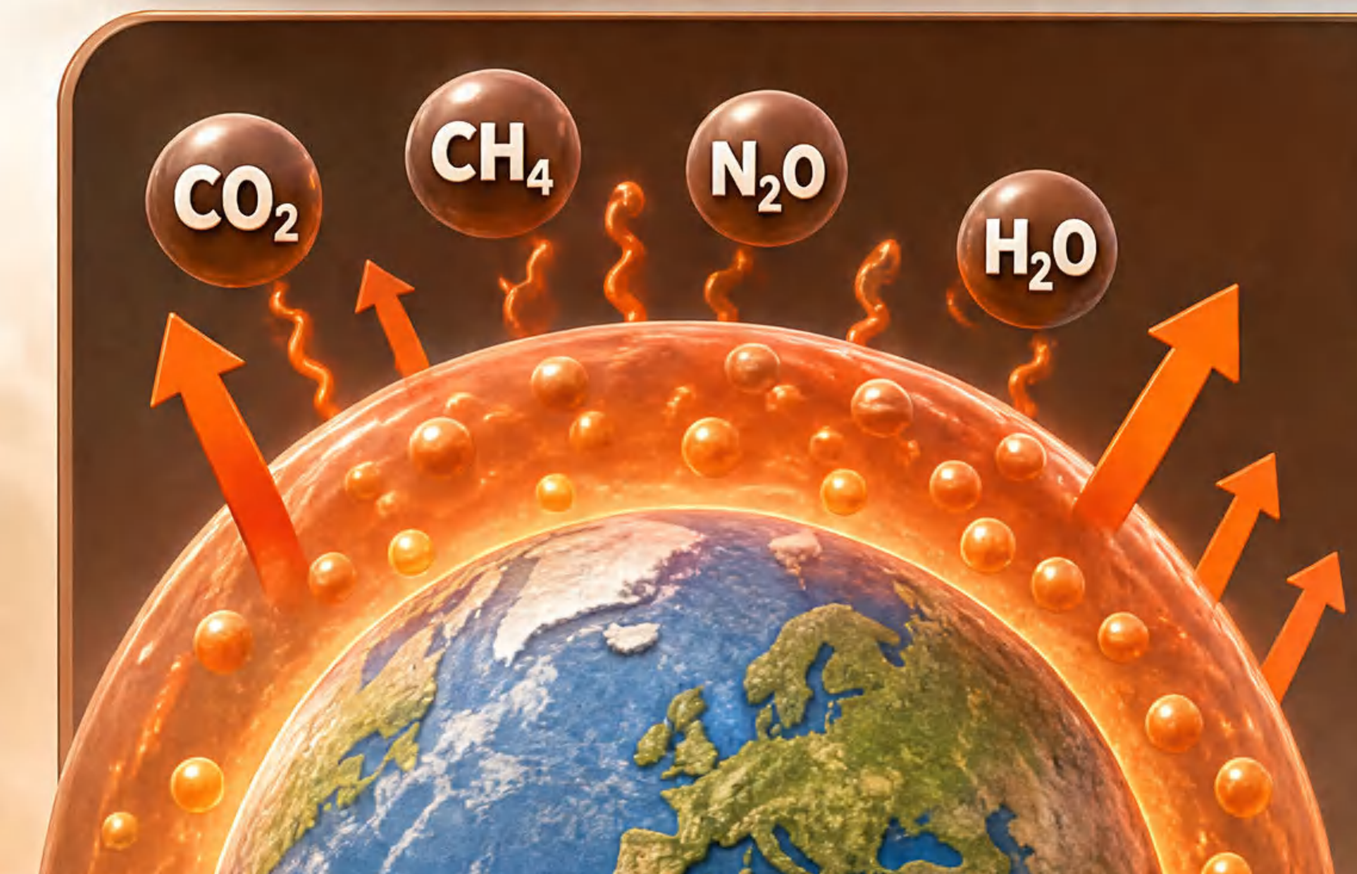
احتراق الوقود وتأكل طبقة الأوزون

1. تقع طبقة الأوزون في طبقة الستراتوسفير على ارتفاع يتراوح بين (10 - 50,50) من سطح الأرض، وتعمل كدرع واقي يمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة.

2. الانبعاثات الناتجة عن الاحتراق وبعض المركبات الكيميائية مثل الفلوركربونات (CFCs) تسبب تأكل جزيئات الأوزون.

النتيجة: نفاذ نسبة أكبر من الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض، مما يسبب أضرارًا صحية بالغة كسرطانات الجلد وأمراض العيون وتضرر النباتات والكائنات الحية.

غازات الانبعاث وظاهرة الاحتباس الحراري



1. الغازات الاحتباسية الناتجة عن النفاعلات والاحتراق مثل (CO_2, CH_4, N_2O, H_2O) تقوم باحتجاز الطاقة الحرارية داخل الغلاف الجوي ومنع نفاذها إلى الفضاء الخارجي.

2. **النتائج التراكمية:**

- الارتفاع المستمر في درجة حرارة الأرض

- ذوبان الجليد في القطبين الشمالي والجنوبي

- ارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات

- حدوث تغيرات مناخية حادة وفياضانات وجفاف

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي
D.M.RAZK

المقارنة بين الاحتراق التام والاحتراق غير التام

وجه المقارنة	الاحتراق التام	الاحتراق غير التام
كمية الأكسجين (O_2)	وفرة وكفاية من غاز الأكسجين	نقص في كمية غاز الأكسجين
لون اللهب	لهب أزرق	لهب أصفر
الطاقة الحرارية الناتجة	طاقة وحرارة أكبر	طاقة وحرارة أقل
الغاز الرئيسي الناتج	ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	أول أكسيد الكربون (CO) أو كربون حر (C)
انبعاث بخار الماء	ينبعث بخار الماء (H_2O)	ينبعث بخار الماء (H_2O)
تكون السناج	لا يتكون سناج	يتكون سناج أسود ملوث
الكفاءة والأثر البيئي	أعلى كفاءة وأقل تلوثاً	أقل كفاءة وأكثر تلوثاً

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مقارنات علمية شاملة

المقارنة بين الفحم والغاز الطبيعي كوقود

وجه المقارنة	الفحم	الغاز الطبيعي
الحالة الفيزيائية	مادة صلبة	مادة غازية
المكون الأساسي	كربون مع شوائب كبريتية	غاز الميثان (CH_4)
طبيعة الاحتراق	غالباً احتراق غير تام	احتراق تام تقريباً
انبعاثات CO_2	بكميات كبيرة	بكميات أقل
انبعاثات SO_2	بكميات كبيرة	بكميات ضئيلة جداً
تكون السناج	يتكون بكميات كبيرة	لا يتكون تقريباً
الأثر البيئي والكفاءة	أكثر تلوثاً وأقل كفاءة	أقل تلوثاً وأعلى كفاءة حرارية

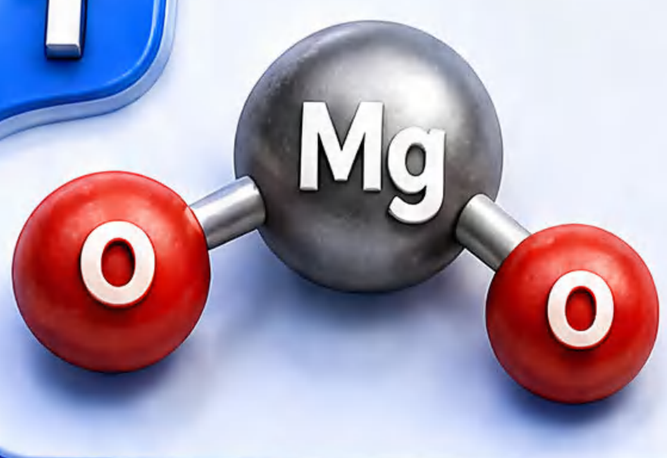
المقارنة بين تآكل طبقة الأوزون والاحتباس الحراري

وجه المقارنة	تآكل طبقة الأوزون (O_3)	الاحتباس الحراري
السبب الرئيسي	غازات الفلوركربونات (CFCs) وبعض الملوثات	تراكم الغازات الدفيئة (CO_2, CH_4, N_2O, H_2O)
الآلية العلمية	تدمير جزيئات الأوزون في الستراتوسفير	احتجاز الطاقة الحرارية داخل الغلاف الجوي
النتيجة المباشرة	زيادة وصول الأشعة فوق البنفسجية	ارتفاع متوسط درجات الحرارة للاغلاف الجوي
الأثر البيئي والصحي	سرطان الجلد، أمراض العيون، وتضرر الكائنات	ذوبان الجليد، ارتفاع منسوب البحار، وتغير المناخ

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التجميع الشامل للمعادلات الكيميائية

1



احتراق المغنيسيوم (تفاعل فلزي)

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

2

الاحتراق التام للكربـون

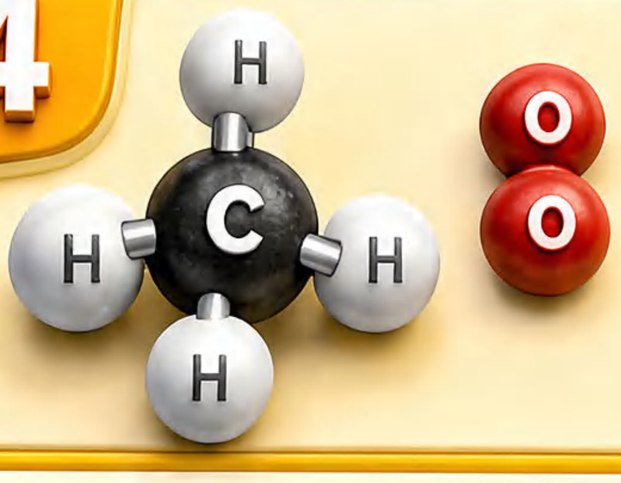
$$C + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2$$

3

تكون الماء عند احتراق الهيدروجين

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

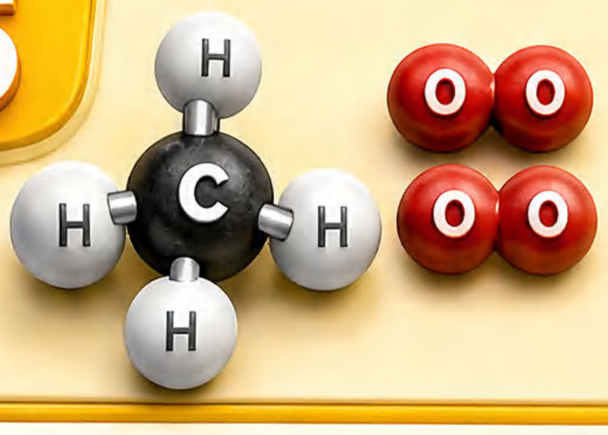
4



الاحتراق التام للميثان (وقود هيدروكربوني)

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + Heat$$

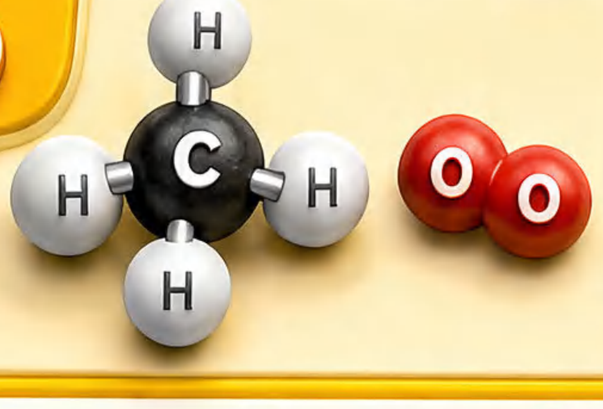
5



الاحتراق غير التام للميثان (إنتاج أول أكسيد الكربون)

$$2CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO + 4H_2O + Heat$$

6



الاحتراق غير التام للميثان (إنتاج السناج)

$$CH_4 + O_2 \rightarrow \text{C} + 2H_2O + Heat$$

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

موقع الدكتور محمد رزق التعليمي

امسح الباركود بالموبيل لتثبيت التطبيق وتحميل كل الملازم مجانا وبسرعه

MR

حمل التطبيق الأن

GET IT ON Google Play

ملازم ابتدائي | ملازم اعدادي | ملازم ثانـــوي | كورسات ونتائج امتحانات

موقع الدكتور محمد رزق
Dr.MoRizK